



**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
CONFÉDÉRATION SUISSE
CONFEDERAZIONE SVIZZERA**

Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

Attestazione

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, 19. SEP. 2003

Geistiges Eigentum
Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren
Administration des brevets
Amministrazione dei brevetti

H. Jenni
Heinz Jenni

INTELLECTUAL PROPERTY
INSTITUTION

1 2 SEP 2003

10/10/03

Patentgesuch Nr. 2002 2205/02

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:

Vorrichtung zur Messung des Flusses eines Gases oder einer Flüssigkeit in einem Nebkanal.

Patentbewerber:

Sensirion AG
Eggbühlstrasse 14
8052 Zürich

Vertreter:

E. Blum & Co. Patentanwälte
Am Vorderberg 11
8044 Zürich

Anmeldedatum: 23.12.2002

Voraussichtliche Klassen: G01F



**Vorrichtung zur Messung des Flusses eines Gas s oder
einer Flüssigkeit in einem Nebenkanal**

5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur
Messung des Flusses eines Fluids, d.h. eines Gases oder
einer Flüssigkeit, und einen Nebenkanal für eine derarti-
ge Vorrichtung gemäss Oberbegriff der unabhängigen An-
sprüche.

10 Eine Vorrichtung dieser Art ist in DE 101 29
300 offenbart. Sie besitzt einen Hauptkanal und einen Ne-
benkanal („Bypass“). Im Nebenkanal ist ein Flusssensor
angeordnet. Ein Vorteil einer derartigen Anordnung liegt
darin, dass die zu messende Flussmenge im Nebenkanal ge-
15 ringer ist als im Hauptkanal, so dass auch hohe Flussmen-
gen noch gemessen werden können.

Es zeigt sich, dass bei Sensoren dieser Art
zwar der Messbereich erweitert wird, dass jedoch die Um-
rechnung des gemessenen Flusses im Nebenkanal auf den
20 tatsächlichen Fluss im Hauptkanal zu systematischen Feh-
lern führen kann.

Es stellt sich deshalb die Aufgabe, eine Vor-
richtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, bei
welcher die Messfehler klein sind.

25 Diese Aufgabe wird von der Vorrichtung gemäss
den unabhängigen Ansprüchen erfüllt.

Wie die unten stehende Analyse zeigt, ist es
zur Vermeidung systematischer Fehler von Vorteil, wenn
der Nebenkanal so beschaffen ist, dass das Teilungsver-
30 hältnis der Strömungen möglichst oder weitgehend konstant
ist. Dies kann z.B. erreicht werden, indem in einem Ab-
schnitt des Nebenkanals mindestens eine sprunghafte Quer-
schnittveränderung stattfindet, z.B. durch mindestens ei-
ne Blende. Um vergleichsweise starke turbulente Beiträge
35 zum Strömungswiderstand zu erzeugen, kann der Durchmesser
des die Turbulenz erzeugenden Bereichs sehr klein gewählt

werden. Dies hat jedoch herstellungstechnische Schwierigkeiten und Probleme im Betrieb (Verschmutzung) zur Folge.

Somit ist der Durchmesser des die Turbulenz erzeugenden Bereichs nach unten limitiert, was wiederum mit sich bringt, dass die Flussrate im Nebenkanal nicht zu klein gewählt werden sollte, so dass immer noch ausreichend Turbulenzen entstehen. Dies führt jedoch wiederum zu höheren Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich des Flusssensors, was nicht erwünscht ist. Dem wird erfindungsgemäss dadurch begegnet, dass ein erster Abschnitt des Nebenkannels so ausgestaltet ist, dass er eine deutliche Abhängigkeit des Strömungswiderstands bzw. des Druckabfalls Δp_1 vom Quadrat der Flussrate v_b zeigt. In einem zweiten Abschnitt des Nebenkannels sind mindestens zwei parallele Unterkanäle vorgesehen sind, welche in Serie zum ersten Abschnitt angeordnet sind, wobei der Flusssensor den Fluss in einem der Unterkanäle misst.

Indem das Fluid im zweiten Abschnitt in zwei oder mehr Unterkanäle aufgeteilt wird, kann die Flussrate bzw. Flussgeschwindigkeit (durch geeignete Wahl der Querschnittsverhältnisse der Nebenkänäle) relativ tief sein, und dennoch können im Bereich des ersten Abschnitts des Nebenkannels starke Turbulenzen erzeugt werden, da dort die Summe der Ströme aller Unterkanäle auf die Struktur geführt wird, die eine Turbulenz erzeugt.

Dank der Verwendung von zwei oder mehr Unterkanälen stehen dem Systementwickler also zusätzliche Designparameter zur Verfügung, die es erlauben, die Strömungsverhältnisse am Flusssensor dem jeweils gewünschten Messbereich anzupassen.

Die Aufteilung in Unterkanäle hat zudem den Vorteil, dass die Querschnittfläche im Bereich desjenigen Unterkanals, an bzw. in welchem der Flusssensor angeordnet ist, relativ klein gewählt werden kann, was zu besserer Laminarität der Strömung im Sensorbereich und somit zu genaueren Messungen führt.

Die beschriebene Vorrichtung kann für die Messung von Flüssigkeiten oder Gasen eingesetzt werden.

Weitere bevorzugte Ausführungen und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der nun folgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung mit Hauptkanal und Nebkanal,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung, bei welcher im Nebkanal zwei Unterkanäle vorgesehen sind,

Fig. 3 einen Gehäuseteil für einen Nebkanal und

Fig. 4 einen Schnitt durch den Nebkanal entlang Linie IV-IV von Fig. 3.

Bevor ein detailliertes Ausführungsbeispiel beschrieben wird, werden die Strömungsverhältnisse in Vorrichtungen mit Haupt- und Nebkanal zunächst aus theoretischer Sicht beleuchtet. Hierzu wird auf Fig. 1 verwiesen, die einen Hauptkanal 1 und einen zu einem Abschnitt des Hauptkanals parallelen Nebkanal 2 zeigt. In der Vorrichtung fließt ein Fluid, d.h. eine Flüssigkeit oder ein Gas, wobei die Flussrate (d.h. die über den Querschnitt integrierte Flussgeschwindigkeit) im Hauptkanal mit v_h und im Nebkanal mit v_b bezeichnet wird. Der Hauptkanal setzt dem Fluss einen (nichtlinearen) Flusswiderstand R_h entgegen, der Nebkanal einen (ebenfalls nichtlinearen) Flusswiderstand R_b . Der Druckabfall über Haupt- und Nebkanal beträgt Δp . Es gilt

$$\Delta p = \eta \cdot K_{h1} \cdot v_h + \rho \cdot K_{h2} \cdot v_h^2 \quad (1)$$

und

$$\Delta p = \eta \cdot K_{b1} \cdot v_b + \rho \cdot K_{b2} \cdot v_b^2 \quad (2)$$

wobei η und ρ die Viskosität und die Dichte des Fluids bezeichnen, K_{h1} und K_{h2} die linearen und quadratischen

Anteile des Flusswiderstands im Hauptkanal und K_{b1} und K_{b2} die linearen und quadratischen Anteile des Flusswiderstands im Nebkanal.

Vorzugsweise werden die Grössen K_{h1} , K_{h2} , K_{b1} und K_{b2} ungefähr wie folgt gewählt:

$$K_{b1} = n \cdot K_{h1} \quad \text{und} \quad K_{b2} = n^2 \cdot K_{h2} \quad (3)$$

mit einer Konstante $n > 1$, vorzugsweise $n \gg 1$. Bevorzugt ist die Wahl gemäss Gleichung (3) deshalb, weil in diesem Fall (wie einfach gezeigt werden kann) folgt, dass das Verhältnis der Flussraten im Haupt- und Nebkanal über den ganzen Strömungsbereich konstant ist mit

$$v_b = v_h/n, \quad (4)$$

unabhängig von den Materialparametern η und ρ (d.h. unabhängig von der Gaszusammensetzung).

Aus Gleichung (3) folgt, dass der durch K_{b2} charakterisierte turbulente Anteil des Strömungswiderstands im Nebkanal verglichen mit dem entsprechenden linearen Anteil (charakterisiert durch K_{b1}) sehr hoch sein muss, wesentlich höher als im Hauptkanal.

Soll der Fluss im Nebkanal 2 gemessen werden, so muss ein entsprechender Flusssensor in einem Bereich mit geringen Turbulenzen angeordnet werden, da im Bereich turbulenter Strömungen Flussmessungen schwierig sind. Vorzugsweise wird deshalb im Nebkanal ein erster Abschnitt vorgesehen, in welchem starke Turbulenzen stattfinden, sowie ein zweiter Abschnitt, in welchem die Strömung möglichst laminar verläuft, wobei der erste Abschnitt den Koeffizienten K_{b2} prägt.

Mit anderen Worten gilt für den Druckabfall über dem ersten Abschnitt

$$\Delta p_1 = c_1 \cdot v_b + c_2 \cdot v_b^2 \quad \text{mit} \quad c_2 \neq 0, \quad (5)$$

wobei die Konstanten c_1 und c_2 den linearen und quadratischen Strömungswiderstand des ersten Teils 2a beschreiben. In der Regel gilt ungefähr

$$c_2 \approx \rho \cdot K_{b2}. \quad (6)$$

Der zweite Bereich, in welchem vorzugsweise die eigentliche Messung stattfindet, liefert einen möglichst geringen linearen Strömungswiderstand (Koeffizient K_{b1}). Allerdings sollte der zweite Abschnitt nicht einfach aus einem Rohr mit grossem Durchmesser bestehen, da ansonsten die Strömungsgeschwindigkeit beim Sensor zu gering und dessen Messbereich somit nicht ausgeschöpft wäre.

Deshalb wird eine Lösung gewählt, wie sie schematisch in Fig. 2 dargestellt ist. Bei dieser Lösung ist im ersten Abschnitt 2a eine Blende 3 angeordnet, während im zweiten Abschnitt 2b zwei Unterkanäle 4a, 4b vorgesehen sind. Die Unterkanäle 4a, 4b sind parallel zueinander und in Serie zur Blende 3 angeordnet. An einem der Unterkanäle ist der eigentliche Flusssensor 5 angeordnet.

Diese Anordnung hat den Vorteil, dass durch die Wahl der Querschnitte der beiden Unterkanäle 4a, 4b der Fluss durch den Nebenzweig 2 so in die Unterkanäle aufgeteilt werden kann, dass der Messbereich des Sensors voll ausgeschöpft wird. Dank der Verwendung mehrerer Unterkanäle kann der lineare Flusswiderstand im Nebenzweig (Koeffizient K_{b1}) relativ klein gehalten werden, so dass der quadratische Anteil (Koeffizient K_{b2}) nicht allzu gross zu sein braucht.

Als Flusssensor 5 wird vorzugsweise ein Halbleiterbaustein verwendet, der dem Fluid mit einer Heizung Wärme zuführt und eine von der Verteilung oder Abführung dieser Wärme abhängige Grösse misst. Die entsprechende Grösse ist vom Massenfluss (d.h. dem Produkt aus Dichte und Flussrate) im ausgemessenen Unterkanal abhängig. Ein geeigneter Sensor ist in z.B. DE 101 29 300 offenbart.

Vorzugsweise ist, wie in Fig. 2 dargestellt, der zweite Teil 2b des Nebenchannels 2, in Flussrichtung gesehen, dem ersten Teil 2a vorgelagert. Dies hat den Vorteil, dass die im ersten Teil 2a erzeugten Turbulenzen die Messung des Flusssensors 5 im zweiten Teil 2b nicht stören.

Im Folgenden wird anhand von Fig. 3 und 4 eine konkrete Ausführung der Vorrichtung beschrieben. Hier wird der Nebenkana1 2 von einem Gehäuse mit einem ersten und einem zweiten Gehäuseteil 10, 11 gebildet, von denen in Fig. 3 nur der erste Gehäuseteil 10 abgebildet ist. Der zweite Gehäuseteil 11 wird von einer Printplatte gebildet, die Löcher aufweist, in welche mehrere Befestigungszapfen 14 des ersten Gehäuseteils 10 eingeführt werden.

Im Gehäuseteil 10 sind zwei Öffnungen 12 und 13 ausgeformt, welche mit dem Hauptkana1 1 verbunden werden. Öffnung 12 bildet dabei den Eingang für das Fluid in den Nebenkana1 2 und Öffnung 13 den Austritt zurück in den Hauptkana1 1. Von der Öffnung 12 gelangt das Fluid in einen Kanalabschnitt 15 des zweiten Abschnitts 2b des Nebenchannels, der sich sodann in die zwei Unterkanäle 4a, 4b verzweigt. Um in diesem Bereich eine laminare Strömung zu erzeugen, verläuft der Kanalabschnitt 15 in gleicher Richtung wie die Nebenchannels 4a, 4b und die Übergänge sind möglichst stufenlos. Die Unterkanäle 4a, 4b sind durch einen Steg 4c getrennt und seitlich durch Stege 4d und 4e begrenzt. Die Unterkanäle 4a, 4b münden in eine erste Kammer 16 des ersten Kanalabschnitts 2a, an welche die Blende 3 anschliesst, gefolgt von einer zweiten Kammer 17, von wo das Fluid durch die Öffnung 13 wieder in den Hauptkana1 zurückgeführt wird.

Der Flusssensor 5 ist, wie in Fig. 3 gestrichelt dargestellt, am ersten Unterkana1 4a angeordnet, und zwar gegen dessen ausgangsseitiges Ende 18a hin. Mit anderen Worten ist der Abstand zwischen dem eingangsseitigen Ende 18b des Unterkanals 4 und dem Sensor 5 also

wesentlich grösser als der Abstand zwischen dem ausgangs-
seitigen Ende 18a und dem Sensor 5. Damit wird erreicht,
dass die Länge des Unterkanals 4a genutzt wird um den
Fluss des Fluids in einen wirbellosen, laminaren Zustand
5 zu bringen, bevor es auf den Sensor 5 trifft.

Wie aus Fig. 4 ersichtlich, ist der Flusssen-
sor 5 in einer Vertiefung 19 des zweiten Gehäuseteils 11
angeordnet und ist über Verbindungsdrähte 20 mit Leiter-
bahnen verbunden, die auf dem zweiten Gehäuseteil 11 an-
10 geordnet sind. Ein Teil der Vertiefung 19 ist über dem
ersten Unterkanal 4a angeordnet. Dieser Teil ist seitlich
durch die Stege 4c und 4d begrenzt und trägt die Messor-
gane 21 des Sensors.

Wie ebenfalls aus Fig. 4 ersichtlich, besitzt
15 der erste Unterkanal 4a eine kleinere Querschnittfläche
als der zweite Unterkanal 4b. Dies erlaubt es, eine rela-
tiv grosse Menge von Fluid durch den Nebenkana 2 zu füh-
ren und somit starke turbulente Effekte im Bereich der
Blende 3 zu erreichen, ohne dass der Messbereich des Sen-
20 sors überschritten wird.

Anstelle der Blende 3 kann im ersten Ab-
schnitt 2a des Nebenkana 2 auch ein Kanalabschnitt vorge-
sehen sein, in welchem sich der Kanaldurchmesser in ande-
rer Weise sprunghaft ändert, oder es kann dem Fluid z.B.
25 eine sprunghafte Richtungsänderung aufgezwungen werden.
Eine Blende, d.h. eine Stelle, wo der Querschnitt zuerst
sprunghaft reduziert und sodann wieder sprunghaft erhöht
wird, ist jedoch bevorzugt, da sie konstruktiv einfach
ist und dennoch relativ starke Turbulenzen erzeugt.

30 Es ist ferner auch denkbar, dass in mehr als
einem der Nebenkana 2 ein Flusssensor angeordnet wird.

In einer anderen Ausführung kann Kanalab-
schnitt 15 entfallen und die Unterkanäle 4a, 4b können
eingangsseitig direkt über eine gemeinsame Öffnung oder
35 über getrennte Öffnungen mit dem Hauptkanal verbunden
werden.

Mit der hier beschriebenen Vorrichtung kann die Flussgeschwindigkeit bzw. der Volumenfluss (z.B. in m/s, oder nach Integration über die Fläche der Kanäle, in m³/s) oder auch der Massenfluss (z.B. in kg/m²/s bzw. 5 nach Integration kg/s) des Fluids gemessen werden.

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Messung des Flusses eines
5 Fluids mit einem Hauptkanal (1) und mit einem zum Hauptkanal (1) parallel geschalteten Nebenkanal (2), in welchem ein Flusssensor (5) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Nebenkanal (2) einen ersten Abschnitt (2a) und einen zweiten Abschnitt (2b) aufweist, wobei der
10 erste Abschnitt (2a) einen Druckabfall Δp_1 erzeugt, für den gilt

$$\Delta p_1 = c_1 \cdot v_b + c_2 \cdot v_b^2 \text{ mit } c_2 \neq 0,$$

wobei v_b die Flussrate im ersten Abschnitt (2a) ist,
15 und wobei der zweite Abschnitt (2b) zwei parallel geschaltete Unterkanäle (4a, 4b) aufweist, wobei die Unterkanäle (4a, 4b) in Serie zum ersten Abschnitt angeordnet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der
20 Flusssensor (5) im zweiten Abschnitt (2b) angeordnet ist, und insbesondere wobei der zweite Abschnitt (2b) in Flussrichtung dem ersten Abschnitt (2a) vorgelagert ist.

3. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei im ersten Abschnitt (2a) ein Kanalstück
25 (16, 3, 17) angeordnet ist, dessen Durchmesser sich sprunghaft verändert.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei im ersten Abschnitt (2a) mindestens eine Blende (3) angeordnet ist.

30 5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei im zweiten Abschnitt (2b) ein erster und ein zweiter Unterkanal (4a, 4b) vorgesehen sind, wobei der Flusssensor (5) am ersten Unterkanal (4a) angeordnet ist.

35 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei der erste Unterkanal (4a) einen kleineren oder gleichen Querschnitt als der zweite Unterkanal (4b) aufweist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, wobei der Flusssensor (5) näher an einem ausgangsseitigen Ende (18a) des ersten Unterkanals (4a) als an einem eingangsseitigen Ende (18b) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei ein Druckabfall über dem Hauptkanal (1) näherungsweise gegeben ist durch

$$\Delta p = \eta \cdot K_{h1} \cdot v_h + \rho \cdot K_{h2} \cdot v_h^2,$$

wobei η und ρ die Viskosität und die Dichte des Fluids bezeichnen und v_h die Flussrate im Hauptkanal (1), und der Druckabfall über dem Nebenkanal (2) näherungsweise gegeben ist durch

$$\Delta p = \eta \cdot K_{b1} \cdot v_b + \rho \cdot K_{b2} \cdot v_b^2,$$

wobei K_{h1} , K_{h2} , K_{b1} , K_{b2} die linearen und quadratischen Strömungswiderstände im Hauptkanal (1) und im Nebenkanal (2) beschreiben, und dass näherungsweise gilt

$$K_{b1} = n \cdot K_{h1} \quad \text{und} \quad K_{b2} = n^2 \cdot K_{h2}$$

mit einer Konstante $n > 1$.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Nebenkanal (2) von einem Gehäuse (10, 11) gebildet wird, wobei in einem ersten Teil (10) des Gehäuses Öffnungen (12, 13) zur Verbindung mit dem Hauptkanal (1) und Vertiefungen zur Bildung des Nebenkanals (2) angeordnet sind, und wobei der zweite Teil (11) auf den Vertiefungen des ersten Teils angeordnet ist.

10. Nebenkanal für eine Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, in welchem ein Flusssensor (5) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Nebenkanal einen ersten Abschnitt (2a) und einen zweiten Abschnitt (2b) aufweist, wobei der erste Ab-

schnitt (2a) einen Druckabfall Δp_1 erzeugt, für den näherungsweise gilt

$$\Delta p_1 = c_1 \cdot v_b + c_2 \cdot v_b^2 \text{ mit } c_2 \neq 0,$$

5

wobei v_b die Flussrate im ersten Abschnitt (2a) ist,

und wobei der zweite Abschnitt (2b) zwei parallel geschaltete Unterkanäle (4a, 4b) aufweist, wobei die Unterkanäle (4a, 4b) in Serie zum ersten Abschnitt

10

(2a) angeordnet sind.

Zusammenfassung

Die Vorrichtung zur Messung des Flusses eines
5 Fluids besitzt einen Hauptkanal (1) und einen zum Haupt-
kanal (1) parallel geschalteten Nebenkanal (2). Der Ne-
benkanal besteht aus einem ersten Abschnitt (2a) mit
einer Blende (3) und einen zweiten Abschnitt (2b) mit
zwei parallelen Unterkanälen (4a, 4b). Im ersten Ab-
10 schnitt (2a) dominieren turbulente Strömungseffekte, wäh-
rend im zweiten Abschnitt (2b) laminare Strömungsverhält-
nisse herrschen. Durch ausreichend starke turbulente Ef-
fekte im Nebenkanal (3) kann erreicht werden, dass das
Teilungsverhältnis der Flüsse in Haupt- und Nebenkanal
15 nahezu unabhängig von den Fluideigenschaften und unabhän-
gig von der Durchflussmenge wird. Dank der Verwendung
zweier paralleler Unterkanäle können im ersten Abschnitt
hohe Flussraten und somit starke turbulente Effekte er-
zielt werden, ohne dass der Messbereich des Sensors über-
20 schritten wird.

(Fig. 2)

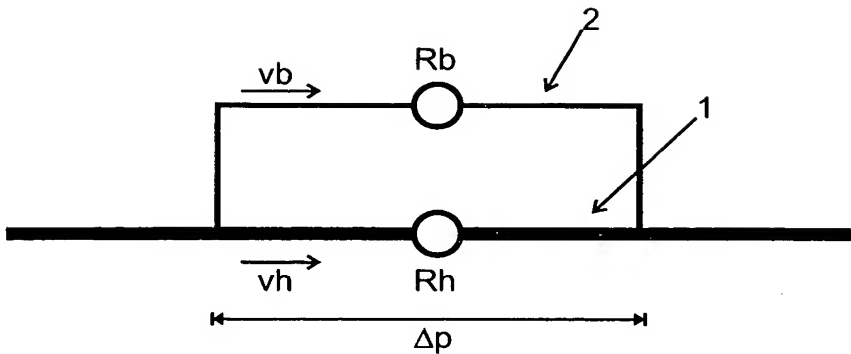


Fig. 1

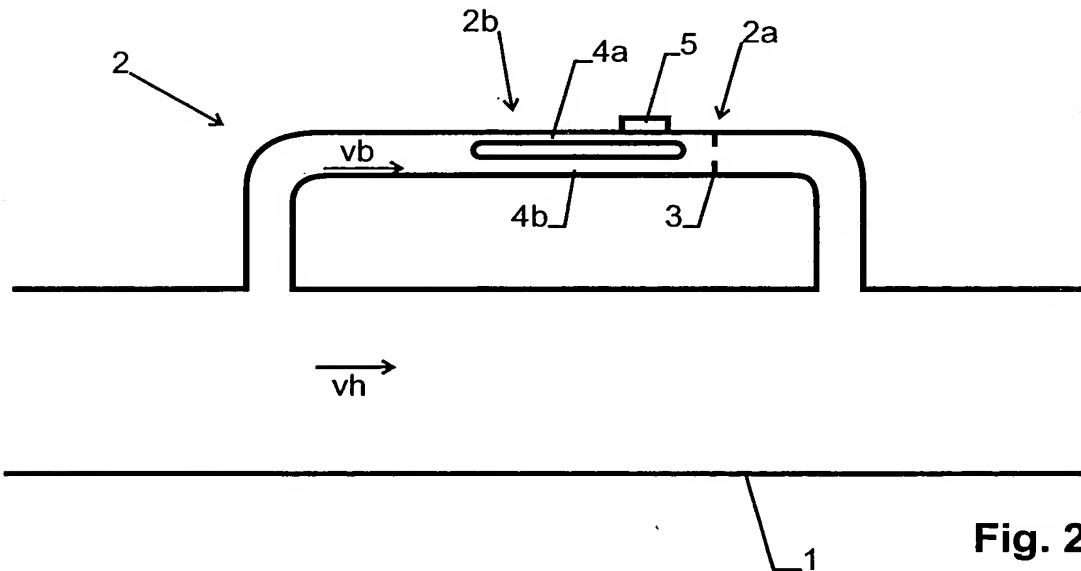


Fig. 2

